

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE

Ústav pro životní prostředí

Ekologie a ochrana prostředí, Ochrana životního prostředí

Bakalářská práce



Hodnocení vlivu skládkových vod na povrchové toky

ČR.

The effect of dump waters on the quality of surface stream in Czech Republic.

Řešitel: Eva Samšuková

Vedoucí: Ing. Libuše Benešová, CSc.

Akademický rok: 2009/2010

Odevzdáno: srpen 2010

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala paní Ing. Libuši Benešové, CSc. za vstřícnost a odbornou pomoc při zhotovování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Evě Janouškové z Krajského úřadu Jihočeského kraje, Ing. Petru Obermayerovi, Jiřímu Královi a Ing. Radimu Beňoviči za ochotu při poskytování materiálů a podkladů pro mou bakalářskou práci. Děkuji také PhDr. Michalu Kořanovi, PhD. za pomoc při vytváření mé práce. V neposlední řadě chci velmi poděkovat svým rodičům za trpělivost a pomoc v průběhu mého studia na vysoké škole.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedených pramenů a literatury. Předložená tištěná verze bakalářské práce je totožná s elektronickou verzí, kterou jsem vložila do SIS.

V Praze dne.....

Eva Samšuková.....

ABSTRAKT

Skládková voda představuje chemický roztok, který vzniká v matrici odpadu uloženého na skládku. V souvislosti s celosvětovou rostoucí produkcí odpadu se zvyšuje i možné riziko úniku skládkových vod z tělesa skládky do okolí a kontaminace životního prostředí, potažmo povrchových vod, polutanty, které se ve skládkových vodách vyskytují. Tato bakalářská práce se zaměřuje na hodnocení vlivu, který mají skládkové vody na povrchové toky v České republice. Hodnocení proběhlo hlavně interpretací dokumentace získané z několika skládek v České republice, ale také pomocí sekundární literatury. Možné ovlivnění povrchových toků je taktéž nastíněno pomocí chemických výpočtů, které mají ilustrovat hypotetickou situaci, která by nastala v případě průniku kontaminovaných skládkových výluhů do povrchových toků. Z provedeného průzkumu a jeho výsledků je patrné, že vliv skládkových vod na povrchové toky je velkým rizikem, které hrozí jak za běžných provozních podmínek skládky – při nedostačujícím technickém zabezpečení či ukládání odpadu nevyhovujícího daným výluhovým limitům, tak také při mimořádných událostech jako jsou zvýšené srážkové úhrny. Dochází především ke kontaminaci těžkými kovy, chloridy či dusíkem v různých formách jeho výskytu. Markantní také bývá organické znečištění, které se projevuje zvýšenými hodnotami ukazatelů CHSK a BSK. Překračování limitů přípustných koncentrací jednotlivých látek pak ohrožuje celý vodní tok – od probíhajících chemických procesů až po život vodních ekosystémů.

Klíčová slova: skládka, odpad, výluh, průsaková voda, povrchová voda, kontaminace

ABSTRACT

A landfill leachate is a chemical solution generated in the waste materials that are dumped in a landfill. According to the increasing amount of waste produced worldwide the risk that leachate water gets out of a landfill and contaminates with contained pollutants surrounding environment, e.g. nearby surface water, rises. The aim of this thesis is to evaluate the effect that leachates have to surface water in the Czech Republic. The research was built on primary data that had been obtained in several landfills in the Czech Republic. Important sources were also obtained through the secondary literature. Possible influence of leachates is also outlined by chemical calculating illustrating a hypothetical situation of leaking landfill water to a stream. My research showed that the impact of landfill water on surface water presents a great risk. It can occur during ordinary operations of the landfill operations – due to instable technical installation or due to dumping waste with a different extract conditions, but also as a consequence of extraordinary situations (e. g. storms). Surface water is mostly polluted with heavy metals, chlorides or

nitrogen in variety of its forms. High concentration of organic matters is also detected by COD and BOD indicators. Exceeding legal limits threatens the whole surface water flows and its water reactions and ecosystems.

Key words: landfill, waste, leachate, leachate water, surface water, contamination

Obsah

1. Úvod	7
2. Environmentální rizika	8
2.1. Riziko rostoucí produkce odpadu	8
3. Nakládání s odpady	9
3.1. Waste management	9
3.2. Skládkování	10
3.3. Odpadová legislativa České republiky	10
4. Vybavení skládek	11
4.1. Technické požadavky	11
4.2. Klasifikace skládek	11
4.3. Těsnící systémy	12
4.4. Ochranné systémy	13
4.5. Odvodňovací systém skládky - drenážní systém	13
5. Zneškodňování skládkových vod	15
6. Vodní režim skládky	16
6.1. Vznik výluhu	16
6.2. Bilanční rovnice	17
7. Vlastnosti průsakových vod	17
7.1. Procesy probíhající ve skládce	17
7.2. Obecné složení skládkových výluhů	19
7.3. Obecné vlivy skládkových vod na povrchové toky	20
8. Konkrétní skládky a jejich vlivy na povrchové toky	21
8.1. Skládky – s poskytnutou dokumentací	21
8.1.1. Skládka tuhých komunálních odpadů Vydlaby	21
8.1.2. Anonymní skládka 1	23
8.1.3. Anonymní skládka 2	25
8.1.4. Skládka nebezpečných odpadů Horní Benešov	26
8.1.5. Uzavřená skládka komunálního a průmyslového odpadu Ledce	28
8.2. Skládky – bez poskytnutí dokumentace	29
8.2.1. Skládka nebezpečných odpadů Pozd'átky	29
8.2.2. Skládka komunálního opadu Lišov	30
8.2.3. Skládka Tušimice	31
8.2.4. Uzavřená skládka komunálního odpadu Dolní Chabry	31
8.2.5. Skládka komunálního odpadu Nasavrky	32
9. Hodnocení vlivu pomocí směšovacích rovnic	32
9.1. Potenciální únik výluhu na skládce Horní Benešov	32
9.2. Potenciální únik výluhu na anonymní skládce 1	34
10. Závěr - zhodnocení vlivu skládkových vod na povrchové toky	35
11. Použitá literatura a elektronické zdroje:	37
11.1. Použitá literatura	37
11.2. Využití internetové zdroje	39
11.3. Osobní sdělení	40
12. Seznam použitých zkratk	40

1. Úvod

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení vlivu vod, které jsou generovány z odpadů uložených v tělesech skládek, na vody povrchové, které se nachází v blízkém okolí lokalit jednotlivých skládek. Z hlediska životního prostředí představují skládky velké environmentální riziko – okolní prostředí ovlivňují mnoha způsoby, z nichž největší nebezpečí představují právě skládkové vody. Produkce odpadů v současnosti neustále roste, s čímž je spojen nejen vzrůst rizika, ale i konkrétních případů, kdy dochází k negativnímu ovlivnění okolí skládek - jak dokazuje moje práce. Je proto nutné věnovat se jak problematice složení vzniku samotných skládkových vod uvnitř skládek, tak jejich vlivům na okolní prostředí. Tato práce se zabývá ovlivněním hydrologické části životního prostředí.

Otázky, na které má práce odpovídat, jsou: z jakých důvodů se skládkovými vodami musíme zabývat a jaké nebezpečí hrozí povrchovým vodám v případě jejich úniku? Jak a čím jsou skládkové výluhy vytvářeny a proč dochází k jejich únikům?

Pro zodpovězení těchto otázek jsem pracovala se sekundární literaturou, ale zejména s primárními prameny. Pomocí sekundární literatury či internetových zdrojů jsem získala obecné informace o aktuální situaci v odpadovém hospodářství, ale hlavně o samotných skládkách. Jsou to po mnoho let sledovaná a aktualizovaná fakta například o technickém vybavení skládek, které má zamezovat šíření kontaminace, nebo o procesech, při kterých dochází ke vzniku skládkových vod, či o složení těchto vod.

K hodnocení vlivu skládkových vod je ovšem nutné získávat konkrétní a nejnovější data, která poukazují na aktuální situaci a problémy v této oblasti. Sběr těchto pramenů a podkladů pro mou bakalářskou práci probíhal objížděním jednotlivých skládek a komunikací s jejich provozovateli. Vzhledem k nedostatečnému zabezpečení některých skládek a k palčivým ekologickým i právním problémům, které takové nedostatky vyvolávají, jsem se ne vždy setkala s ochotou materiály o skládkových vodách poskytovat. Vyřešit tento problém mi pomohla paní Ing. Janoušková z Odboru životního prostředí, zemědělství a lesnictví Krajského úřadu Jihočeského kraje, která mi pomohla sehnat alespoň anonymní materiály ze dvou skládek komunálního odpadu v jižních Čechách. Získala jsem také například materiály z Ministerstva životního prostředí či Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, z kterých jsem čerpala dílčí informace.

Po úvodu vymezuje práce potenciální riziko, které představuje aktuální odpadový management a produkce odpadů v Evropské unii, a poskytuje stručné informace o odpadové legislativě. Po té v práci vymezují vybavení skládek a způsoby zneškodňování skládkových vod, protože právě tyto systémy jsou opět častým zdrojem problémů s unikáním výluhů. Následují

informace o samotných výluzích – o jejich vzniku a vlastnostech. Stěžejní část bakalářské práce pak analyzuje získaná data, pomocí kterých hodnotí vliv skládkových vod na povrchové toky v České republice. První část vychází ze získaných dat na konkrétních skládkách, druhá část se věnuje dílčím případům ovlivnění povrchových toků výluhovými vodami. Poznatky jsou pak shrnuty v závěru bakalářské práce, kde hodnotím vliv skládkových vod na povrchové toky.

Údaje o skládkách, jejichž dokumentaci jsem měla k dispozici, jsem doplnila údaji o konkrétních případech silného znečištění povrchových toků skládkovými vodami na problematických skládkách. Dokumentace z jednotlivých českých skládek, kterou jsem v konečné fázi nashromáždila, se vzájemně lišila v poskytnutých datech. Na každé skládce mi totiž poskytli odlišný rozsah sledovaných parametrů, s odlišnými termíny i četností jejich měření. Interpretace těchto dat tedy nebyla snadná. Nicméně i z těchto údajů doplněných fakty o proběhnuvších či probíhajících ekologických haváriích je možné vyvodit závěr, který shrnuje odpovědi na předeslané otázky.

2. Environmentální rizika

2.1. Riziko rostoucí produkce odpadu

Z hlediska ochrany životního prostředí a snahy o udržitelný rozvoj by bylo bezesporu velmi příjemné, kdybychom v produkci odpadů mohli sledovat klesající trend. Obzvláště proto, jak jasně velí logika věci, že by současně docházelo ke snižování rizika, které odpad a cesty jeho zneškodňování představují pro životní prostředí. Vliv skládek na životní prostředí je značný, zvláště v případech nedostatečného zabezpečení a vybavení skládek. A tyto případy právě s rostoucí produkcí odpadu a postupných čerpáním projektovaných kapacit skládek samozřejmě rostou. Stejně tak vzrůstá riziko ovlivnění povrchových vod průsaky ze skládek. Právě voda je totiž médium, pomocí kterého se kontaminace velmi snadno šíří do okolí. Produkce odpadů v současnosti neustále - pouze s malými výkyvy - roste. V České republice tvoří tuhý komunální odpad celých 16 procent z celkového množství odpadu. Za posledních třicet let došlo například v zemích západní Evropy k více než dvojnásobnému nárůstu produkce odpadu. Podle mapování Českého statistického úřadu dosáhla Evropská unie v roce 2007, od kterého ji po rozšíření tvoří 27 států, množství produkovaného odpadu 522 kilogramů na obyvatele za rok. To je zhruba o 9 kilogramů víc než například v roce 2003 (ČSÚ [online]). Česká republika je v produkci tuhého komunálního odpadu podprůměrná, množství odpadu na obyvatele za rok se pohybuje těsně nad hranicí 300 kilogramů.

2.2. Environmentální vlivy skládek

Ačkoli jsou kromě přirozeného geologického podloží využívány jako těsnící bariéry i nejmodernější průmyslové materiály – různé typy geomembrán a geotextilií – nemáme kvůli těžké přístupnosti a kvůli krátkému časovému intervalu jejich užívání dostatečné množství experimentů, které by zaručily kvalitu těchto materiálů a jejich stoprocentní úspěšnost při izolování skládky. Nové vrstvy odpadu se každý den překrývají inertním materiálem, nicméně do nezastřešených skládek se i tak dostává značné množství srážkové vody. Ta prosakuje skrz skládku, vymývá polutanty, účastní se reakcí a při nedostatečném odvodu takto vzniklých výluhů drenážním systémem může voda unikat do okolí a dostávat se do kontaktu s okolními zdroji vody – ať už s podzemními či povrchovými toky. Ty pak kontaminaci rozšiřují dále do prostředí. O tomto problému pojednává tato bakalářská práce. Ovšem kromě zmíněných skládkových vod generovaných v tělese skládky zde problém představují také reakce dávající vznik skládkovým plynům, kterých se do ovzduší dostane přes 70 milionů tun ročně. Přispívají tak významnou měrou ke skleníkovému efektu (IRZ [online]). Plyny se však velmi účinně mohou využívat jako druhotný zdroj energie. Další negativní vlivy mohou představovat prašnost i úlet skládkovaného materiálu. Bojovat proti prachu se dá například pravidelným zkrápěním horních vrstev skládky, k čemuž se mohou používat právě skládkové vody. V samotném tělese skládky i v jejím okolí pak dochází ke zvýšenému výskytu hlodavců a ptáků, což může samozřejmě obtěžovat obyvatele okolních sídel. Je proto nutné dodržovat hygienické limity, které stanoví minimální vzdálenost od míst obývaných lidmi, což je nejméně 500 m (ČSN 83 8030).

3. Nakládání s odpady

3.1. Waste management

V dnešní době se uplatňuje strategie nakládání s odpady zahrnující několik bodů, které mají ve své posloupnosti předcházet vzniku odpadů a následně redukovat sekundárně nevyužité množství. To lze například využitím odpadových materiálů bez procesů, které by upravovaly jeho vlastnosti (kupříkladu skleněné lahve), ale také materiálovým zpracováním, či energetickým využitím druhotných surovin, které se v odpadu vyskytují (papír, plast, sklo, biomasa). Ovšem vždy i z druhotně využitého odpadu zbude jeho část, kterou již zpracovat nelze. Vypořádání se zbytkovým odpadem, který již prošel vytrížením či energetickým zpracováním, se v současné době praktikuje skládkováním, což je sice nejméně žádaná, nicméně jediná možná cesta jeho konečného odstranění. Skládkování je samozřejmě otázka nejen přítomnosti, ale také

budoucnosti, jelikož bez dalších nových technologií se budeme vždy muset zabývat konečným nevyužitelným odpadem a jeho vlivy na životní prostředí. Je tak nezbytné zabývat se vlivem skládek, kam je tento odpad ukládán, na okolí. Jak již bylo zmíněno výše, problematika vod je při hodnocení vlivu skládky na životní prostředí dominantní.

3.2. Skládkování

Skládkování je nejstarším, nejrozšířenějším, nejlevnějším a zároveň nejméně žádaným způsobem nakládání s odpadem. Kvůli nedostatečnému třídění vyprodukovaného odpadu je největším negativem skládek hlavně ukládání materiálu, který by se dal jiným způsobem recyklovat. Dalšími nevýhodami jsou jak velká prostorová náročnost, tak technická složitost staveb. Nejvíce diskutabilní jsou ovšem dopady skládek na životní prostředí, které se projevují nejen u skládek řízených a legálních, ale hlavně u takzvaných černých neřízených skládek, které samozřejmě nejsou nijak zabezpečeny. Těch je na území našeho státu bohužel bezpočet, přesné číslo se zjistit nedá. Přitom právě černé skládky způsobují značnou kontaminaci okolního prostředí, obzvláště pak jeho okolních podzemních i povrchových vod. Co víme s jistotou, je počet řízených skládek, které se vyskytují na území našeho státu. Většina z nich vznikla až po roce 1996 a k říjnu roku 2008 jich bylo 221 s celkovou projektovanou kapacitou kolem 93 mil. m³. 29 skládek se vyskytuje v Jihočeském kraji (CeHO - VÚV [online]). Ovšem k září loňského roku pouze 179 skládek vyhovovalo požadavkům Směrnice 1991/31/ES na technické zabezpečení skládek, které se Česká republika zavázala splnit do konce roku 2009 harmonizací našich právních předpisů s normami Evropské unie (CeHO – VÚV [online]).

3.3. Odpadová legislativa České republiky

V současnosti podléhá veškeré nakládání s odpady v České republice legislativě Evropské unie. Hlavním právním předpisem je v tomto případě Směrnice Rady Evropské unie 75/442/EEC, která byla doplněna Směrnicí 91/156/EEC. Obě tyto Směrnice byly implementovány do právních norem České republiky, stejně jako v ostatních státech EU. Odpadové hospodářství se u nás řídí zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech a zákonem č. 477/2001 Sb., o obalech a změně některých zákonů, který ho doplňuje a upravuje. Podrobnosti jsou pak zahrnuty v prováděcích předpisech obou zákonů – ve vyhláškách Ministerstva životního prostředí a nařízeních vlády. S ohledem na značný počet pozdějších novelizací zákona o odpadech bylo jeho úplné znění vyhlášeno pod č. 106/2005 Sb. (Kuraš 2008), ovšem zákon byl i po té ještě několikrát novelizován. Zatím poslední aktualizace proběhly během tohoto roku 2010, kdy byly do českého právního řádu začleněny

další evropské normy. Vyhláška č. 61/2010 upravuje kritéria a postupy, kterými se upravuje přijímání odpadů na skládku, mění se jí kategorizace skládek, skládkování odpadu z mechanicko-biologické úpravy a další oblasti skládkování. Nicméně účinnost této vyhlášky je odložena o dva roky, tudíž je tato bakalářská práce sepsána ještě s ohledem na aktuálně platné předpisy. Právně jsou upraveny také povinnosti provozovatelů skládek provádět pravidelný monitoring všech vod, které se nacházejí v lokalitě skládky, tj. vod průsakových, podzemních a právě povrchových. Maximální hodnoty ukazatelů znečištění skládkových vod, ale také povrchových vod upravuje nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, které je změněno nařízením vlády č. 229/2007 Sb.

4. Vybavení skládek

4.1. Technické požadavky

Požadavky a samotné provedení stavby skládek odpadů, podmínek pro jejich umístění, zabezpečení provozu, jejich těsnění, monitoring a následné uzavírání skládek a jejich rekultivace musí odpovídat sedmi Českým státním normám:

ČSN 83 8030 Skládkování odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek

ČSN 83 8032 Skládkování odpadů – Těsnění skládek

ČSN 83 8033 Skládkování odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek

ČSN 83 8034 Skládkování odpadů – Odplynění skládek

ČSN 83 8035 Skládkování odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek

ČSN 83 8036 Skládkování odpadů – Monitorování skládek

ČSN 83 8037 Skládkování odpadů – Provozní řád skládky

4.2. Klasifikace skládek

Skládky jsou ve smyslu stavebního zákona technickým zařízením. Mohou se dělit dle různých hledisek. Například dle vztahu k úrovni terénu (podúrovňové, podzemní, ...), dle ochrany před srážkami (otevřené, zastřešené), dle způsobu uložení odpadu, dále podle časového hlediska, podle zabezpečení a podle typu a vyluhovatelnosti odpadu (Filip 2006). Podle typu odpadu a jeho vyluhovatelnosti se skládky dělí na tři hlavní skupiny, každá z nich pak, včetně

eventuálních podskupin, podléhá striktním limitům, kterým pak odpovídají podmínky jejich umístění, technického zabezpečení či vybavení, které má zabránit úniku nepříznivých látek jako jsou plyny či průsakové vody do okolí. Tyto podmínky jsou dány již zmíněnými technickými normami. Skupina S – IO, inertní odpad, představuje skládky zemin a hlušin. Podléhají limitům II. třídy vyluhovatelnosti, jsou stavěny na nepropustných podložích, ovšem bez nutnosti těsnicí vrstvy – technické bariéry. Skupina skládek ostatního odpadu S – OO má tři podskupiny, je do ní zahrnut také komunální odpad, u kterého se kvůli jeho různorodosti nepoužívá hodnocení vyluhovatelnosti. Skládky této skupiny odpadů musí mít předepsanou technickou nebo přirozenou těsnicí vrstvu, či obojí zároveň. Poslední skupinou skládek jsou S – NO, skládky nebezpečného odpadu. Ty mohou překračovat limity III. třídy vyluhovatelnosti, je u nich nutné předepsané kombinované těsnění, které je navrhováno individuálně, dle charakteru a vzájemného působení jednotlivých složek odpadu a také podle potenciálního rizika pro složky životního prostředí. Právě poslední dvě jmenované skupiny skládek představují díky skladbě a různorodosti ukládaného odpadu největší znečišťující bomby, z kterých mohou do povrchových vod unikat kontaminované průsakové vody.

4.3. Těsnicí systémy

Odpad, který je ukládán na skládku, musí být oddělen několika typy ochran od okolí, které potenciálně ohrožuje mnoha škodlivinami. Proti úniku výluhových vod, které jsou generovány v tělese skládky, se používá těsnicí systém. Tímto termínem se rozumí soustava přirozených i technických těsnících materiálů a zároveň také jejich mechanická ochrana. Těsnicí systém je navrhován dle mnoha faktorů – celkového uspořádání skládky, dále podle druhu a kategorie ukládaného odpadu, jeho třídy vyluhovatelnosti a samozřejmě podle přírodních podmínek v lokalitě skládky. K těsnění skládek se může využívat přirozených geologických bariér – zemin – nebo jen technických materiálů, či jejich kombinace. Vždy záleží na skupině, do které je skládka zařazena. Zeminy, nazývané také jako pasivní bariéry, které se do těsnění použijí, jsou určovány půdně-chemickým rozbořem. Pokud nejsou dané zeminy dostupné v lokalitě skládky v přirozeném stavu, může se docílit jejich získání úpravou jiných zemin a hmot. V takovém případě však musí být jejich vyžadované vlastnosti zajištěny kontrolními zkouškami (Filip 2006). Podmínky, které musí zeminy dále splňovat, jako obsah organických látek, mez tekutosti, vlhkost zeminy a míra zhutnění, jsou stanoveny v ČSN 83 8032. Jako technické nebo také aktivní bariéry se využívají nejrůznější typy fólií na bázi syntetických polymerů. Jedná se o vzájemně svařené pásy fólií o síle 1,5 – 2,5 mm. Pásy jsou pokládány na dno a svahy skládkové vany (Richter 2008). Díky své vysoké mechanické a chemické odolnosti se v současné době

přednostně pro účel skládkování využívají termoplasty. Dále se k těmto účelům (zejména z hlediska nepropustnosti pro chlorované uhlovodíky) využívají polyetylenové fólie nejrůznějších hustot o tloušťce 1,5 mm – 2 mm. Nezanedbatelná je také jejich biologická stálost, protože PE fólie nejsou živnou půdou pro mikroorganismy a při tloušťce 2,5 mm splňuje odolnost i proti prorůstání kořeny (Filip 2006). Pásky, z kterých jsou pokládky svářeny, mají být široké nejméně 5 metrů a délku mají obvykle 100 metrů. Pásky jsou svářeny podélně, křížové svary jsou zásadně zakázány.

4.4. Ochranné systémy

Těsnicí systém i jeho jednotlivé části musí být při výstavbě, při provozu i po uzavření skládky chráněny proti poškození. Takovou ochranu poskytují kromě dalších ochranných zemních či drenážních vrstev například bentonitové geotextilie, což je uměle vyrobená vrstevnatá geotextilie, mezi jejíž dvě vrstvy je vložen bentonitový materiál. Ten ale může být také rovnou přilepen na fólii. Požaduje se hlavně pevnost proti roztržení, odolnost proti kyselinám a například ultrafialovému záření. Právě selhání těsnicích a ochranných systémů skládky z důvodu jejich mechanického či chemického poškození může vést k unikání skládkových vod. Důsledkem jejich úniku je pak kontaminace podzemních vod, horninového prostředí a posléze také vod povrchových.

4.5. Odvodňovací systém skládky - drenážní systém

Tuhý komunální odpad není stabilním materiálem. Díky své heterogenitě a dalším látkám, které se do odpadu dostanou již po uložení na skládku (například srážková voda), dochází v celém objemu skládkového tělesa k chemickým reakcím a procesům, jejichž produkty jsou většinou látky potenciálně kontaminující okolní prostředí. Všechny skládky tudíž musí být vybaveny drenážním systémem, jehož úkolem je odvod skládkových vod mimo skládkové těleso. Dále musí být skládky vybaveny zařízením na odvod, jímání a nakládání s plynem a na povrchu musí být taktéž přítomen těsnicí systém s možností jeho další rekultivace po naplnění a uzavření skládky. Skládka se musí chránit před přítoky povrchových vod pomocí obchvatných příkopů, ale také pomocí struh vedoucích kolem samotného tělesa skládky. Ty mají za úkol odvádět dešťovou vodu. Pro vody, které se dostávají do skládky nebo se generují přímo v jejím tělese, musí být zřízen vnitřní drenážní systém, tvořený liniovými a plošnými prvky, který má za úkol je jímat a odvádět po celou dobu provozu skládky, ale i po jejím uzavření. Musí jím být vybaveny všechny podskupiny skládek S – OO i skládky S – NO. Odvodňovací systém skládek tvoří:

plošný drén, trubní drény sběrné a svodné, dále akumulční nádrže jak průsakových, tak dešťových vod a případně zařízení na konečné zneškodnění průsakových vod. Plošný drén je tvořen vrstvou zrnitého materiálu, který je filtračně stabilní a propouští vodu ke sběrnému drénu. Může se jednat o přírodní kamenivo (štěrk nebo drcený kámen) nebo o umělé sypké hmoty (střepy, stavebnické drtě). Je jím pokryto dno skládky a kromě své prioritní funkce má ještě staticko-opěrnou funkci při zachycení plošného zatížení způsobeného ukládáním odpadu. Perforované drenážní roury sběrné jsou horizontálně uloženy v plošném drénu a sbírají z něho skládkovou vodu. Ta je pak vedena do svodných drénů, které ji odvádějí mimo těleso do jímek průsakových vod. Roury sběrného drénu musí být, stejně jako například těsnící systém, velmi stabilní. Ukládají se do střechovitě upraveného dna, jednotlivé roury od sebe nesmí být vzdáleny více než 30 metrů. Pokud se tyto odvodné roury ukládají vertikálně, jde o odvodňovací studně. Svodný drén navazuje na sběrný systém pomocí šachet, které se umísťují mimo těleso skládky. Z těchto šachet je znečištěná průsaková voda vedena právě samotným svodným drénem do jímky skládkových vod. Každá sekce skládky má svou vlastní šachtu. Jako příklad může posloužit jedna ze skládek, z kterých se mi podařilo získat dokumentaci jak o zabezpečení tělesa skládky, tak o složení a monitoringu vod v jeho okolí. Jedna se o skládku Vydlaby v obci Smrkovice v jižních Čechách. Ta má uzavřeny tři etapy skládkování a ukládání právě probíhá v etapě čtvrté. Každá z kazet, ať uzavřená, či ještě v provozu, má svou vlastní šachtu. Každá z nich je pak svodným systémem odčerpávána do dvou otevřených nadzemních jímek umístěných pod tělesem skládky. Stejně jako na mnoha dalších skládkách má i skládka Vydlaby vysokotlaká čerpadla napojená na jímky, která mají za úkol recirkulovat vodu zpět na skládku. Při tomto zpětném čerpání se část vody odpaří a zbytek při svém opětovném průchodu tělesem skládky urychlí rozkladné procesy, sedání odpadu a tvorbu bioplynu. Nerozpustné částice obsažené ve vodě zůstanou ve zhuštěném odpadu, který působí jako filtr (Altman 1996). Součástí odvodňovacího systému je také akumulční nádrž pro jímání dešťové vody, která nechybí ani na skládce Vydlaby. Někdy může být na skládce vybudován také vnější drenážní systém. Ten je umístěn pod těsnícími systémy – pod dnem skládky. Základním úkolem vnějšího systému je udržování konstantní úrovně podzemních vod, aby tyto nepronikaly do skládkové vany v případě špatného těsnění skládky. Vnější drenážní systém musí být taktéž vyroben z velmi odolných materiálů. Jímky průsakových vod, ale také akumulční nádrže na vodu dešťovou jsou zdroji pro odběr vzorků k analýzám složení vod.



Obr. 1: Drenážní potrubí na skládce komunálních odpadů Vydlaby.



Obr. 2: Jímka na průsakové vody na skládce Vydlaby.

5. Zneškodňování skládkových vod

Je nutné maximálně omezit vstup vody z okolního prostředí do skládky a na druhé straně zajistit kontrolovaný odtok skládkové vody a její zneškodnění (Sameš 1997). Drenážní odtok se ve skládce vytvoří až po dosažení tzv. retenční vodní kapacity. Při nasycení 85 % počíná skládkový materiál filtrovat a při nadbytku vody přebytečná voda ihned prosakuje a odtéká (Altman 1996).

Zadržování průsakové vody uvnitř tělesa je nepřipustné. Skládková voda, která je sbírána v tělese, musí být zneškodňována některým z povolených způsobů. Z již zmíněné skládky Vydlaby u Písku se skládková voda, která není využita k recirkulaci, vyváží do Čistírny odpadních vod Písek. Kromě recirkulace a odvozu či odvodu skládkových vod potrubím do čistíren odpadních vod lze skládkové vody zneškodňovat přímo v místě skládky jejich přímým čištěním. To lze buď biologickým čištěním za přístupu i nepřístupu vzduchu, dále adsorpčními či chemickými oxidačními postupy, ale dá se využít také například srážecích reakcí nebo reverzní osmózy. Rizika kontaminace povrchových vod v důsledku úniku vod skládkových provázejí průsaky po celou dobu jejich existence – od vzniku, jejich pohybu tělesem a drenážním systémem, při povodních mohou unikat z jímek, ale také mohou při nedostatečné funkci čistíren odpadních vod znečistit recipient právě v lokalitě konkrétní ČOV.

6. Vodní režim skládky

6.1. Vznik výluhu

Voda je na skládce významným činitelem – právě voda totiž zprostředkovává přenos kontaminace do okolí. Sledovat objem vod, které se dostanou dovnitř a ven z tělesa skládky, je velmi důležité, neboť právě tyto informace nám mohou umožnit odhadnout potencionální vliv unikajících výluhů na toky v okolí skládky. Pomáhají nám také řešit krizové situace, které mohou nastat při poškození drenážních či těsnících systémů nebo při havarijních, například povodňových stavech. Je ovšem velmi složité sledovat vodní režim uvnitř tělesa skládky. Oblast není ještě zcela probádána, i přesto však lze dojít k některým poměrně jistým závěrům. Výluhy v tělese skládky pocházejí z několika zdrojů. Prvotním zdrojem je bezesporu vlhkost samotného naváženého odpadu, která je asi 20 až 40 % (Filip 2006), dále jsou to kapalně i sněhové srážky, voda, která se na skládku dostává z povodí, ve kterém se těleso nachází, a pak voda, kterou je skládka zpětně zkrápěna. Množství přítomné vody ovlivňuje také stupeň zhutnění uloženého odpadu, protože právě hutnění odpadu vytěsňuje vodu z pórů skládkovaného materiálu. Nezhtutněný povrch skládky komunálního odpadu pojme samozřejmě mnohem víc dešťových srážek než povrch zhutněný kompaktozemí. Množství skládkových vod ovlivňuje také složení odpadu a biochemické reakce, které v něm po uložení na skládku probíhají. Například organické látky a jejich biochemické pochody – hlavně jejich mineralizace - jsou zdrojem biochemické vody. Vlhkost našich skládek také kolísá podle ročního období. Je velmi důležité znát objem průsakových vod, a to hlavně pro jejich bezpečné zneškodňování. Určení objemu je velmi

obtížné právě kvůli velké heterogenitě odpadu, a to jak jeho chemického složení, potažmo chemickým reakcím, tak kvůli struktuře, například velikosti zrn.

6.2. Bilanční rovnice

Množství vody prosakující skládkou je možno predikovat z celkové vodní bilance, pro niž je sestavena bilanční rovnice:

$$H + W_{\text{BCH}} + W_{\text{BCH}} + Z + P_{\text{P}} = E_1 + E_2 + O_{\text{P}} + \Delta W_{\text{VK}} + O_{\text{D}} \quad [\text{mm}]$$

kde: H – úhrn atmosférických srážek

W_{BCH} – voda vzniklá biochemickými procesy v tělese skládky

W_{BCH} – voda vytlačená z pórů

Z – recirkulace (závlaha průsakovou vodou)

P_{P} – voda z povrchového přítoku

E_1 – výpar do ovzduší

E_2 – vnitřní výpar

O_{P} – povrchový odtok

ΔW_{VK} – časově zpomalený odtok – změna zásoby vody při hydrolimitu vodní kapacita

O_{D} – drenážní odtok průsakových vod (Filip 2006)

Množství vstupů a výstupu v tomto bilančním výpočtu se však v praxi nakonec výrazně redukuje, neboť mnohé proudy jsou zanedbatelné (Straka 1996). Obecně jsou vždy nejvýraznějším vstupem srážkové vody a výstupem naopak právě vody výluhové. Snížení objemu průsakových vod pak může být způsobeno několika faktory, jako je absorpce vody v odpadech a odtok vody z dokončených a překrytých vrstev (Straka 1996).

7. Vlastnosti průsakových vod

7.1. Procesy probíhající ve skládce

Na skládky je ukládáno velké množství organického odpadu, který postupně prochází degradací – kvašením, oxidací, redukcí, hydrolýzou a podobně. Dochází k postupné změně nejen matrice, ale také látek v matrici obsažených. Dochází například k rozpadu buničiny, degradaci ropných látek, ke korozi kovů atp., při čemž se zpravidla uvolňuje voda vázaná v odpadech (Landa 2001).

Právě fáze, ve které se odpad na skládce nachází, ovlivňuje svým pH, ale například i teplotou kvalitu výluhů. Škodlivost výluhu a jeho polutantů se tedy různí právě v závislosti na aktuálních procesech v tělese. Prvotní aerobní procesy ustávají v důsledku snižování dostatečného množství kyslíku velmi rychle a nebyly proto předmětem přílišného studia. Ve skládkách po dostatečném zhutnění uloženého odpadu převládají naopak procesy anaerobní - redukční. Ty jsou zprostředkovány aktivizovanými společenstvy bakterií, které postupně vytváří CO_2 a mastné kyseliny. V komunálním odpadu má význam zejména hydrolýza nejvýznamnějších látkových skupin. Produkty této hydrolýzy jsou právě prostřednictvím bakterií přeměněny přímo nebo přes acetogenní mezistupně na mastné kyseliny. Po dlouhodobé metanogenní fázi pak následuje konečný stav, opět aerobní. Všechny procesy i přechody mezi jednotlivými fázemi probíhají samozřejmě zcela samovolně. Proces může být urychlen zpětnou recirkulací průsakové vody na skládku, která rozkladné reakce urychluje (z obvyklých více let na několik měsíců), a také tím stabilizuje uložený organický materiál. Pro každou z následujících fází je charakteristická přítomnost nejrozličnějších znečišťujících látek a také hodnoty BSK_5 , CHSK či pH. Důležitým kritériem ekologické bezpečnosti je právě pokles CHSK_{Cr} u skládkových vod (Landa 2001).

I.) Aerobní stadium – počáteční: fáze po uložení odpadů rychle ustává, dochází k zpracování organické hmoty pomocí aerobních mikroorganismů. Probíhají hlavně exotermní procesy, které celý materiál zahřívají. Jedna molekula glukózy poskytne při svém „vydýchání“ zhruba 2,82 MJ tepla. Hlavním produktem je v této fázi plyn CO_2 , jehož koncentrace může dosáhnout až 20,8 procent (Kuraš 1994).

II.) Anaerobní kyselinotvorné stadium: též nazýváno jako fáze kyselinotvorného kvašení. Přichází na řadu po vyčerpání dostupného kyslíku, což je nezbytnou podmínkou pro změnu biologického oživení skládky. Nejprve dochází k odbourávání makromolekul (tuky, celulóza, bílkoviny) na jednodušší stavební částice, které se v dalších krocích postupně mění na těkavé alifatické kyseliny o 2-4 atomech uhlíku – například kyselina octová, propionová, máselná. V souvislosti s hromaděním těchto produktů následuje pokles pH a vytváří se podmínky vhodné k rozmnožení metanogenních organismů. Při poklesu pH dochází právě v této fázi k vyluhování těžkých kovů a mnoha dalších anorganických sloučenin. V této fázi také začíná vyluhování mastných kyselin a jejich rozpustných solí do průsakové vody, které tak tvoří hlavní organické znečištění. To vyjadřují charakteristiky CHSK a BSK_5 s koncentracemi v hodnotách desítek g.l^{-1} , přičemž poměr CHSK/BSK_5 je 1,5 až 2 : 1 – relativně nízký (Filip 2006). Během této fáze se do průsakové vody začíná uvolňovat také amoniak, což je hlavní dusíkatá sloučenina s koncentracemi ve stovkách až tisících mg.l^{-1} .

III.) Anaerobní metanogenní stadium – nestabilizované: dostatek živin vyprodukovaný reakcemi předchozího stadia je limitním faktorem pro dokonalý rozvoj metanogenních společenstev. Další podmínkou je i růst pH, jeho optimum představuje pro metanogenní organismy rozpětí 6,8-7,8. Zvyšující se pH způsobuje snižování koncentrace těžkých kovů v průsakové vodě. Zároveň se zde snižuje koncentrace vápníku v důsledku srážení málo rozpustných uhličitánů. V tomto počátečním metanogenním stadiu je důležitý vliv solí - v nadměrných koncentracích mohou negativně ovlivnit množící se kultury stejně jako vysoké koncentrace alifatických kyselin. Toxický vliv solí stoupá v řadě Ca - Mg - Na - K - NH₄.

IV.) Anaerobní metanogenní stadium – stabilizované: v této fázi je stabilizována tvorba metanu, provázená současně také uvolňováním CO₂. Tato fáze probíhá výrazně pomaleji než fáze kyselinotvorná. Teploty, které jsou dosahovány v dostatečně hluboko uložených vrstvách odpadu, se pohybují mezi 35 – 50°C, které jsou nejvhodnější pro vývoj plynu, ovšem organismy mohou být činné ještě při 75°C. Negativní vliv na populaci má pak pokles teploty pod 30 °C (Kuraš 1994). V této fázi by se také měly vyčistit průsakové vody, jelikož metanogeny a acidogeny pracují v rovnovážném společenství a měly by spotřebovat veškeré mastné kyseliny. Skládka se tu mění z nebezpečného znečišťovatele průsakových vod v účinný přírodní filtr (Kuraš 1994).

	fáze acidogenní	fáze metanogenní
rozmezí pH	6,2 - 7,8	7,0 - 8,3
CHSK [mg/l]	950 - 40 000	460 - 8 300
BSK₅ [mg/l]	600 - 27 000	20 - 700

Tab. 1: Odlišné složení výluhových vod během acidogenní a metanogenní fáze (Straka 1996).

7.2. Obecné složení skládkových výluhů

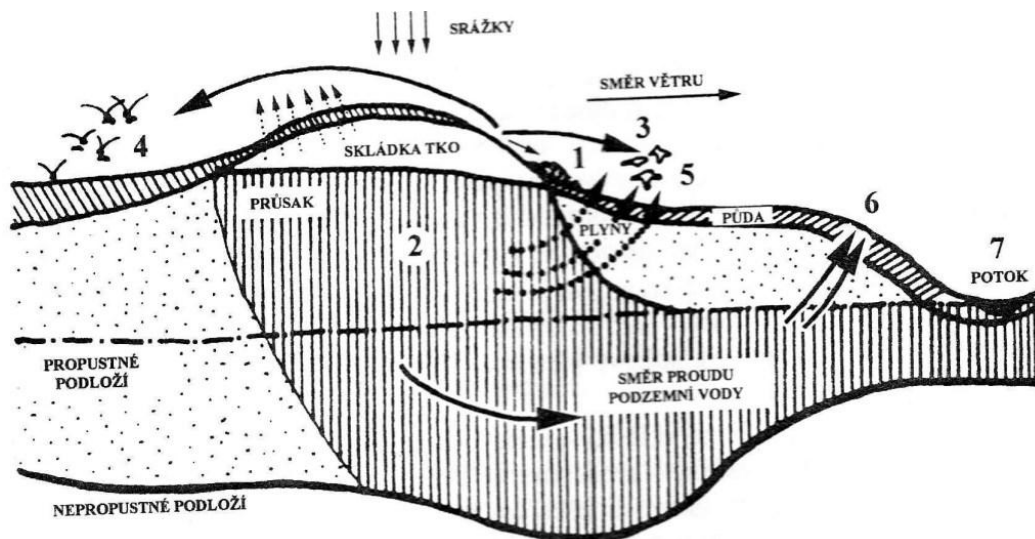
Obsah škodlivin v průsakových vodách se mění v závislosti na čase a teplotě, ale hlavně v závislosti na druhu ukládaného odpadu a chemických a mikrobiálních procesech, které v něm v danou chvíli po uložení probíhají. Právě tyto reakce obohacují průsakovou vodu chemickými škodlivinami i choroboplodnými bakteriemi. Stupeň znečištění průsakové vody závisí na stáří skládky a tedy na době trvání jednotlivých fází. Také způsob uložení odpadu na skládku může ovlivnit složení skládkových vod, a to dokonce i několik let po uzavření a rekultivaci skládky.

Ačkoli se míra i četnost procesů v jednotlivých skládkách liší, je celá řada přítomných položek společných pro všechny výluhy. Patří sem vysoký obsah organického uhlíku, vyjádřený chemickou či biologickou spotřebou kyslíku, obsah dusíku zahrnující amoniakální i organický dusík, obsah síry, fosforečnanů, chloridů, železa a manganu. Mohou být přítomné také mnohé další chemikálie jako syntetické organické chemikálie - pesticidy, rozpouštědla - a těžké kovy (Di Palma 2010). Anorganické makrosložky ve vodných výluzích převažují nad organickými, a to jak v rozpustné (řádově v g.l^{-1}), tak i nerozpustné formě (řádově v mg.l^{-1}) (Filip 2006). Sloučeniny síry jsou ve výluzích přítomny ve dvou formách, a to jako sulfáty a sulfidy, ale také jako thioalkoholy, sirné heterocyklické sloučeniny a jejich deriváty. Sulfáty se na skládkách vyskytují jako důsledek skládkování kyseliny sírové, různých průmyslových solí a tuhého síranu vápenatého (Kuraš 1994). Sulfidy mohou být v odpadu přítomny přímo, ale především vznikají jako důsledek biologické redukce sulfátů. Z těžkých kovů se ve výluzích vyskytují například zinek, nikl, olovo, měď a kadmium. Jejich koncentrace ve vodě je menší než koncentrace v samotném komunálním odpadu v tělese skládky. Nejvyšší koncentraci z těchto jmenovaných mají pak podle provedených experimentů Zn a Cd, výjimečně Cu. I jejich obsah však převyšují železo a mangan, které ovšem nepředstavují velkou toxikologickou hrozbu (Filip 2006). Velkým problémem jsou ve skládkových vodách syntetické organické sloučeniny, které pochází z průmyslových odpadů, ale i z domácností. Jsou to chlorovaná alifatická rozpouštědla (trichloretylen, vinylchlorid), aromatické uhlovodíky ropného původu (benzen, toluen, xyleny), chlorované aromatické látky (chlorfenoly, chlorbenzeny, pentachlorfenol), dusíkaté aromatické a heterocyklické sloučeniny (nitrotolueny, nitrofenoly) (Richter 2008, Kuraš 1996).

7.3. Obecné vlivy skládkových vod na povrchové toky

Hodnocení vlivů skládkových vod probíhá pomocí prvotního měření pozadových, tj. přirozených hodnot koncentrací sledovaných prvků a hodnot sledovaných parametrů. Ty se měří pomocí kontrolních vrtů nad tělesem skládky v případě podzemních vod a v profilu říčního toku, který se nachází nad místem vyústění vodního systému skládky do vodního recipientu. Výsledky se pak porovnávají s údaji o profilech pod tělesem skládky zjištěnými podobným postupem. Kapalně emise ze skládky mají škodlivý vliv právě kvůli svému složení. Mohou být znečištěny jak biologicky, tak chemicky. Složení průsaků se mění v průběhu jednotlivých fází, v nichž se nachází odpad. Zejména nebezpečné jsou průsaky v průběhu kyselinotvorné fáze, případně z těch skládek, kde se nemohla rozvinout metanogenní fáze z důvodu nedostatečného hutnění, nedostatečné vrstvy odpadů nebo vlivem přístupu vzduchu. Průsakové vody, které uniknou do podloží skládky, migrují v závislosti na jeho propustnosti a struktuře až k hladinám podzemních

vod, které se pak mohou vztlínáním dostat do povrchových vodotečí a znečistit je. Do povrchových vod se mohou průsaky ze skládek dostatek i samotným horninovým prostředím. Znečištěná povrchová voda pak představuje velké riziko pro vodní ekosystémy, pro materiály, ale také zdravotní riziko pro člověka.



Obr. 3: Možnost ovlivnění okolí skládkovými vodami (Voštová 2003).

8. Konkrétní skládky a jejich vlivy na povrchové toky

8.1. Skládky – s poskytnutou dokumentací

8.1.1. Skládka tuhých komunálních odpadů Vydlaby

Na skládce Písek – Smrkovice v lokalitě Vydlaby probíhá měření veškerých vod na skládce několikrát ročně. Jsou měřeny podzemní vody pomocí kontrolních vrtů, dále jsou odebírány vody z jímky na průsakové vody a odběry a analýzy jsou prováděny také v bezejmenné vodoteči pod skládkou. V červnu 2008 byly imisní standardy překročeny v ukazatelích dusitanový a amoniakální dusík, následným odběrem v říjnu ovšem tato zjištění nebyla potvrzena. Na podzim 2008 byly zaznamenány mírně nadlimitní hodnoty pH a obsahu fenolů. V říjnu 2009 byly imisní standardy překročeny v parametrech BSK₅, dusitanový a dusičnanový dusík, což znamená, že vlivem velmi nízkého průtoku došlo ke slabému organickému znečištění povrchové vody odtékající z prostoru skládky, kontrolním odběrem v lednu 2010 nebylo uvedené znečištění zaznamenáno (Molek 2010). Žádný z těchto průzkumů nedokázal negativní vliv na kvalitu povrchových vod v okolí skládky, ačkoli byly v říjnu 2009 zjištěny vyšší hodnoty již zmíněných

ukazatelů. Skládka Vydlaby a systém nakládání a zneškodňování průsakových vod tedy plně vyhovuje všem technickým normám a požadavkům pro ukládání tuhého komunálního odpadu.

ukazatel	6.2008	10.2008	4.2009
Ag [mg/l]	<0,01	<0,005	<0,005
As [mg/l]	0,052	0,05	0,046
Cd [mg/l]	0,24	<0,002	<0,002
Cr [mg/l]	0,018	0,308	0,214
Cu [mg/l]	0,00072	0,018	0,0237
Hg [mg/l]	0,1	<0,01	<0,02
Ni [mg/l]	<0,05	0,14	0,126
Pb [mg/l]	0,13	0,01	0,023
Zn [mg/l]	9,4	0,09	0,0978
C10-C40 [mg/l]		0,312	<0,05
pH		8,05	8,18
vodivost [mS/m]		1590	1260
tenzidy [mg/l]		0,324	0,376
CN ⁻ [mg/l]			0,01
CHSK _{Cr} [mg/l]		1390	810
fluoridy [mg/l]		<3	<1,5

Tab. 2: Vybrané ukazatele průsakových vod v jímce skládky Vydlaby (Molek 2010).

ukazatel	6. 2008	10. 2008	10. 2009	1. 2010	NV 229/2007
Cr [mg/l]	<0,005	<0,001	<0,005		0,035
Cu [mg/l]	<0,01	<0,002	<0,005		0,025
Ni [mg/l]	<0,02	<0,002	<0,005		0,04
Pb [mg/l]	<0,05	<0,005	<0,02		0,014
Zn [mg/l]	0,005	<0,002	<0,01		0,16
C10-C40 [mg/l]		<0,05	0,047		0,1
RL [mg/l]	368	304	346		1000
pH	7,54	7,78	7,62		6 - 8
vodivost [mS/m]	60	49	50,8		
fenoly [mg/l]		0,007	<0,005		0,005
CN ⁻ [mg/l]		<0,005	<0,005		0,7
Cl ⁻ [mg/l]	39	23,9	25,7		250
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	85	59,3	71,6		300
N-NO ₂ ⁻ [mg/l]	0,301	0,017	0,185	0,08	0,14
N-NO ₃ ⁻ [mg/l]	4,29	6,42	8,31	2,42	7
N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	0,89	<0,04	0,009	<0,04	0,5
BSK ₅ [mg/l]	2	1	6,6	<3	6
CHSK _{Cr} [mg/l]	31	31	14		35

Tab. 3: Vybrané ukazatele vody odebrané ve vodoteči lokality skládky Vydlaby (Molek 2010).

8.1.2. Anonymní skládka 1

Jedná se o skládku komunálního odpadu skupiny S-OO, podskupiny (sektoru) S-OO3 s možností vybudování sektoru S-OO1 podle vyhlášky č.294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Z dokumentace, kterou se mi podařilo získat na Krajském úřadě Jihočeského kraje, lze vyčíst, že jednotlivé ukazatele, jejichž maximální přípustné hodnoty stanovuje nařízení vlády č. 61/2003 Sb., jsou na této skládce téměř ve všech případech překračovány. Při sledování vzorků odebíraných ve vodoteči nad a pod tělesem skládky je patrné zvyšování hodnot jednotlivých sledovaných parametrů. K větším změnám ukazatelů dochází hlavně u parametrů $CHSK_{Cr}$ a koncentrace amonných a chloridových iontů. Tyto změny ovšem nemusí znamenat průnik skládkových do povrchových vod vodoteče v lokalitě skládky – změny parametrů výluhů totiž nekorelují svou kvantitou se zaznamenaným zvýšením daných ukazatelů v jednotlivých datech ve vodoteči pod skládkou oproti profilu vody ve vodoteči nad skládkou. Ovšem pokud k úniku skládkových vod dochází, ovlivnění vodního prostředí, hlavně pak zdejších ekosystémů, nemusí být příliš výrazné. Dopady například chloridů na životní prostředí jsou závislé na kationtu kovu, který konkrétní chlorid obsahuje. Vysoce toxický je například chlorid kadmátový. Koncentrace kadmia se ovšem vyskytují v podlimitním stavu už v samotných průsakových vodách, ke kontaminaci povrchové vody kadmíem navázaným v chloridech by tedy docházet nemělo. Navíc koncentrace chloridů ve vodním profilu pod skládkou, ač zvýšená, stále vyhovuje limitu, který je stanoven nařízením vlády č. 61/2003 Sb. Zaznamenáno bylo také zvýšení obsahu amoniakálního dusíku, který působí velmi toxicky na ryby. Toxicita však do značné míry závisí na hodnotě pH vody - toxický účinek má nedisociovaná molekula NH_3 , nikoli ion NH_4^+ (IRZ 2010). S rostoucí zásaditostí vodného prostředí roste podíl NH_3 . Ovšem pH vodoteče se pohybuje ve spíše neutrální oblasti a jeho hodnoty nepoukazují na ovlivnění skládkovými vodami. Amonné ionty tudíž riziko pro zdejší vodní tok taktéž nepředstavují. Vzhledem k nedostatečným informacím o způsobu nakládání s vodami na této skládce nemůžeme posoudit, v kterém článku celého procesu od vzniku výluhu až po jeho konečné zneškodnění může na skládce docházet k úniku průsaků. Tento únik výluhu a jeho vliv na povrchový tok v lokalitě skládky je ovšem spíše nepravděpodobný vzhledem k výsledkům jednotlivých analýz.

ukazatel	naměřené hodnoty 1. 12. 2007	naměřené hodnoty 24. 4. 2008	naměřené hodnoty 23. 4. 2009	NV č. 61/2003
pH	8,23	8,34	8,23	6 - 8
Teplota [°C]		12,4	11,8	25
vodivost [mS/m]	912	1200	1450	
CHSK _{Cr} [mg/l]	553	882	1160	35
C10- C40 [mg/l]	0,11		0,474	
Cd [mg/l]	<0,005	<0,005	<0,002	0,001
Pb [mg/l]	<0,05	<0,05	0,028	0,0144
Hg [mg/l]	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,0001
Ni [mg/l]	0,07	0,11	0,146	0,04
BSK ₅ [mg/l]	19	92	283	6
N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	270	480	801	0,5
N-NO ₂ ⁻ [mg/l]	1,1	0,4	0,0206	0,05
N-NO ₃ ⁻ [mg/l]	82	49	<0,6	7
N celk. [mg/l]	420	530	810	8
P celk. [mg/l]	2,1	2,4	4,03	0,2
CN celk. [mg/l]	2	0,14	0,017	0,7
Cu [mg/l]	0,082	0,078	0,0628	0,025
Cr celk. [mg/l]	0,087	0,15	0,184	0,035
As [mg/l]	<0,05	<0,05	0,038	0,02
Zn [mg/l]	0,19	0,17	0,128	0,16
Co [mg/l]	<0,02	0,02	0,0314	0,007

Tab. 4: Hodnoty ukazatelů vody v jímce průsakových vod z nejmenované skládky 1 v jižních Čechách (KÚ Jihočeského kraje 2010).

jednotka	24. 4. 2008	17. 9. 2008	23. 4. 2009	8. 10. 2009	NV č.61/2003
Teplota [°C]	8,6	8,5	8,5	8,2	25
pH	8,08	7,84	8,02	7,9	6 - 8
vodivost [mS/m]	49,1	44,2	27,4	32,6	
RL [mg/l]	274	290	122	255	1000
C10-C40 [mg/l]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,03	
CHSK _{Cr} [mg/l]	<5	15	<5	5,2	35
Cl ⁻ [mg/l]	84	54,2	25,7	30,2	250
NH ₄ ⁺ [mg/l]	0,051	0,064	<0,05	0,017	

Tab. 5: Hodnoty parametrů vody odebrané ve vodoteči nad skládkou 1 (KÚ Jihočeského kraje 2010).

jednotka	24. 4. 2008	17. 9. 2008	23. 4. 2009	8. 10. 2009	NV č.61/2003
Teplota [°C]	8,6	11,6	8,6	8,5	25
pH	7,32	7,65	7,82	7,74	6 - 8
Vodivost [mS/m]	53,4	13,2	29,6	36,4	
RL [mg/l]	328	114	154	255	1000
C10-C40 [mg/l]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,03	
CHSK _{Cr} [mg/l]	<5	<5	9	7,4	35
Cl ⁻ [mg/l]	93	6,26	32,6	39,8	250
NH ₄ ⁺ [mg/l]	<0,05	0,128	0,207	0,02	

Tab. 6: Hodnoty parametrů vody odebrané ve vodoteči pod skládkou 1 (KÚ Jihočeského kraje 2010).

8.1.3. Anonymní skládka 2

I tato anonymní skládka v jižních Čechách, již si provozovatelé nepřáli konkrétně jmenovat, spadá do kategorie skládek komunálního odpadu S-OO. Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody byly porovnávány s imisními standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových a odpadních vod uvedenými v příloze č. 3 k nařízení vlády č. 339/2007 Sb. Povrchová voda z ústí drenážní soustavy, která byla analyzována v červnu a prosinci roku 2009, přesahovala imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění v několika kategoriích – byl překročen limit pro přípustnou koncentraci dusičnanů a byla překročena hodnota CHSK_{Cr}. Dusičnany jsou konečným produktem mineralizace organicky vázaného dusíku. Za oxických podmínek jsou stabilní a jejich zvýšená koncentrace může vést k eutrofizaci vod. Koncentrace kadmia nedosahují meze jejich detekce, tudíž nemůžeme určit, zda se hodnota obsahu kadmia v povrchových vodách v ústí drenážní soustavy vyskytuje v nadlimitním či podlimitním stavu. Pro vodní organismy je kadmium značně toxické. Zvýrazňuje také toxicitu dalších kovů (zinku, mědi aj.) a negativně ovlivňuje samočisticí schopnost vody (IRZ 2010). Zvýšené organické znečištění může mít negativní dopad na celý vodní ekosystém. Důsledkem organického znečištění vodních toků je snížení obsahu kyslíku ve vodě. To je nevhodné pro život vodních aerobních organismů a naopak velmi výhodné pro rozvíjení anaerobních organismů, kterým naopak prostředí s deficitem kyslíku vyhovuje. V důsledku bujení těchto mikroorganismů pak dochází k dalším procesům, které mají negativní vliv na přeživší aerobní organismy. Mohou například přeměňovat sírany z vodních sedimentů na toxický sirovodík. Pomocí zápachu sirovodíku pak také můžeme tyto vody, vysoce organicky znečištěné, indikovat.

ukazatel	17. 6. 2009	8. 12. 2009	limit pro ČOV
teplota [°C]	15,8	13,13	
pH	8,5	8,36	
vodivost [mS/m]	1541	1811	
BSK ₅ [mg/l]	508	451	
Cu [mg/l]	<0,01	0,03	1
Pb [mg/l]	<0,01	<0,01	0,01
Zn [mg/l]	0,07	0,21	2,0
Cr celk. [mg/l]	0,26	0,4	0,3
Ni [mg/l]	0,13	0,17	0,15
As [mg/l]	0,039	0,009	0,2
Co [mg/l]	<0,05	<0,05	0,1
Hg [mg/l]	<0,0003	<0,0003	0,05
AOX [mg/l]	0,31	0,634	1,5
PCB [ng/l]	<25	7,9	200
Cd [mg/l]	<0,001	<0,001	0,1

Tab. 7: Hodnoty ukazatelů průsakových vod na bezejmenné skládce č. 2 (KÚ Jihočeského kraje 2010).

ukazatel	17. 6. 2009	8. 12. 2009	NV 229/2007
teplota [°C]	11,7	10,1	25
pH	7,5	7,02	6 - 8
vodivost [mS/m]	39	59,8	
CHSK Cr [mg/l]	52	32	35
N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	<0,04	0,46	0,5
N-NO ₃ ⁻ [mg/l]	9,1	11,9	7
N-NO ₂ ⁻ [mg/l]	0,08	<0,03	
Cl ⁻ [mg/l]	28,4	49,6	250
Fe [mg/l]	0,38	0,04	2
Mn [mg/l]	0,03	<0,02	0,5
Cd [mg/l]	<0,001	<0,001	0,0007
Pb [mg/l]	<0,01	<0,01	0,0144
C10-C40 [mg/l]	<0,05	<0,05	0,1
tenzidy [mg/l]	<0,02	0,1	0,6

Tab. 8: Hodnoty ukazatelů povrchové vody v ústí drenážní soustavy anonymní skládky č. 2 (KÚ Jihočeského kraje 2010).

8.1.4. Skládka nebezpečných odpadů Horní Benešov

Průsakové vody na skládce nebezpečných odpadů s jedním sektorem pro komunální odpad v Horním Benešově jsou měřeny několikrát ročně s nepravidelnými intervaly, vždy v menším a

větším rozsahu sledovaných parametrů. Uvádím ve své bakalářské práci vždy několik termínů měření a analýzy těchto skládkových vod. Dále jsem od společnosti van Gansewinkel HBSS získala tabulku s výsledky měření povrchových vod v potoce Jamník. Nemáme k dispozici ukazatele kvality povrchové vody v potoce Jamník, které by ukazovaly stav nad a pod tělesem skládky, či údaje, které by udávaly požadované hodnoty jednotlivých ukazatelů. Nicméně můžeme sledovat, že výkyvy hodnot jednotlivých parametrů či koncentrací jednotlivých kontaminantů v potoce příliš nekorespondují s jejich hodnotami a obsahem ve skládkových vodách skládkového tělesa.

	jímka č. 3			
parametr	12. 2. 2008	4. 8. 2008	4. 2. 2009	4. 8. 2009
BSK ₅ [mg/l]	92	785	1300	655
CHSK _{Cr} [mg/l]	552	4480	4000	2700
sulfany a sulfidy [mg/l]	28,6	35,4	22,4	17,4
pH	9,24	9,38	8,79	8,19
RL [mg/l]	22100	34000	31900	30200
sušina [mg/l]	22140	34150	31990	30250
Cl ⁻ [mg/l]	6610	12700	12460	11900
Sířany [mg/l]	1690	1520	210	254
Fenoly [mg/l]	0,15	19,9	2,63	6,86
CN ⁻ [mg/l]	0,24	0,21	0,28	0,286
NH ₄ ⁺ [mg/l]	78,7	522	275	534
Hg [mg/l]	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Cd [mg/l]	0,024	0,013	<0,001	0,002
Pb [mg/l]	0,22	0,07	<0,02	0,04
As [mg/l]	0,19	0,03	0,039	0,052
Cu [mg/l]	0,13	<0,02	<0,02	0,02
Cr celk. [mg/l]	0,05	0,06	<0,02	0,08
Co [mg/l]	0,04	0,04	0,03	0,1
Ni [mg/l]	1,41	1,23	0,2	0,62
Zn [mg/l]	3,01	5,47	0,84	7,32
V [mg/l]	0,12	0,185	0,09	0,06
Ag [mg/l]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Se [mg/l]	0,03	0,02	<0,01	<0,01
PCB [ng/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
PAU [ng/l]	0,932	0,855	4,24	5,21
benzo (a)pyren [ng/l]	0,08	0,038	0,22	0,18

Tab. 9: Měření hodnot jednotlivých ukazatelů v jímce průsakových vod č. 3 na skládce Horní Benešov (van Gansewinkel HBSS 2010).

parametr	3. 3. 2008 obvyklý průtok	1. 9. 2008 slabší průtok	9. 3. 2009 slabší průtok	7. 9. 2009 slabší průtok	NV 63/2001
pH	7,45	7,9	7,19	7,39	6-8
vodivost [mS/m]	747	1140	769	562	
Cl ⁻ [mg/l]	14,3	39,7	35,5	17,9	250
sírany [mg/l]	251	162	201	72,3	300
N-NO ₃ ⁻ [mg/l]	4,7	<2	<2	<2	7
N-NO ₂ ⁻ [mg/l]	<0,01	0,02	0,02	<0,01	0,05
NH ₄ ⁺ [mg/l]	0,41	<0,02	0,35	0,14	0,5
CHSK _{Cr} [mg/l]	<5	<5	48	11	35
Cu [mg/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Pb [mg/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,015
Zn [mg/l]	0,59	0,08	0,4	0,07	0,2
Cd [mg/l]	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Hg [mg/l]	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0001
Cr [mg/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05
Ni [mg/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05
As [mg/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,015
Co [mg/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,01
RL [mg/l]	720	1290	732	520	1000
CN ⁻ [mg/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,7
NEL [mg/l]	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	25
fenoly [mg/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,005
tvrdost [mmol/l]	1,42	2,62	2,08	2,32	
AOX [mg/l]	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,03
PAU [ng/l]	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002
Mn [mg/l]	0,02	0,05	0,04	0,04	0,5

Tab. 10: Měření povrchových vod v počátku potoka Jamník (van Gansewinkel HBSS 2010).

8.1.5. Uzavřená skládka komunálního a průmyslového odpadu Ledce

Tato skládka sloužila přes dvacet let k ukládání odpadu vnikajícího zejména na území města Plzně. Po uzavření nebyla skládka řádně sanována ani rekultivována a jedná se o starou ekologickou zátěž území. Na lokalitě ani v jejím nejbližším okolí se nevyskytují povrchové toky, povrchová voda se však hromadí v jednotlivých uměle vytvořených terénních depresích. Pro analýzy povrchových vod je voda odebírána z deprese ležící východně od skládky. Dokumentace, kterou mi poskytl Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, mapuje v dané lokalitě kontaminaci veškerých vod v okolí skládky, průzkum je ovšem zaměřen hlavně na vody podzemní, které jasně ukazují na skládku jako na zdroj zdejšího znečištění. Podzemní

vody nejsou předmětem této bakalářské práce. Ve srovnání s nimi však má povrchová voda vůbec nejvyšší obsah uhlovodíků C₁₀-C₄₀ z analyzovaných odběrných míst. Jak je patrné z tabulky, převýšil jejich obsah úroveň limitu pro povrchové toky. Limit také překročila koncentrace amonných iontů, která oproti nízkému obsahu dusičnanů dokladuje redukční prostředí kontaminovaných vod (Eckhardt 2009). Ostatní sledované ukazatele se v posledních letech pohybují pod hranicí určenou vládním nařízením, těžké kovy v povrchových vodách ani nedosahují k mezím detekce. Lze tudíž konstatovat, že skládkové vody neovlivňují velkou měrou kvalitu povrchové vody ve sledovaném jezeru. Toto tvrzení se ovšem nedá aplikovat na výsledky sledování kontaminace podzemních vod.

ukazatel	2. 7. 2009	NV č. 229/2007
teplota [°C]	19,2	25
konduktivita [mS/m]	210	
pH	6,74	6 - 8
Cl ⁻ [mg/l]	6,82	250
sírany [mg/l]	31,4	300
RL [mg/l]	177	1000
CHSK _{Mn} [mg/l]	21,1	35
C ₁₀ -C ₄₀ [mg/l]	0,6	0,1
Cd [ng/l]	<0,2	0,7
Cr [ng/l]	<0,5	35
Pb [ng/l]	<0,5	14,4
N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	1,18	0,5
N-NO ₃ ⁻ [mg/l]	<0,3	7
N-NO ₂ ⁻ [mg/l]	<0,0113	0,14
celk. N [mg/l]	2,42	8

Tab. 11: Kontaminace povrchové vody u skládky Ledce (Eckhardt 2009).

8.2. Skládky – bez poskytnutí dokumentace

8.2.1. Skládka nebezpečných odpadů Pozd'átky

Jednu z nejproblémovějších skládek v České republice a zároveň nejzávažnější ekologickou katastrofu na území kraje Vysočina představuje skládka nebezpečných odpadů u obce Pozd'átky poblíže Třebíče, která je situována 1 kilometr od obce v údolí svažujícím se k toku Prašinec. Už po dvou letech od zahájení provozu skládky v roce 1994 zde orgány státní správy objevily první problémy a úniky skládkových vod, jejichž reakce byla, a stále je, velmi kyselá. To je důsledek uložení velkého množství odpadního síranu železnatého (zelené skalice), který z celkové

hmotnosti uložených odpadů představuje 42 %. Kyselost vod způsobuje vyluhování těžkých kovů Cd, Cr, Pb, Cu, Ni, Zn a V, jejichž obsahy jsou velmi vysoké. Uvolněná kyselina negativně ovlivňovala kvalitu a stálost těsnicího systému a vedla až k jeho trvalému znehodnocení. K masivní kontaminaci podzemních vod s následným průnikem do povrchových vodotečí pak došlo v důsledku průniku podzemních vod do odpadů z drenážního potrubí pro odvod čistých podzemních vod pod těsnicí vrstvou. Kontaminované podzemní vody vytékaly z drenážních systémů šachtou v nejnižším místě skládky a dále po povrchu tekly do toku Prašinec, který se po cca 800 m vlévá do Markovky, pravostranného přítoku řeky Jihlavy. Analýzy pak prokázaly ovlivnění kvality vod v Prašinci (snížené pH, vyšší koncentrace síranů a železa). Ačkoli byl posléze ukončen provoz skládky, v důsledku překrytí odpadu nekvalitní fólií došlo k průniku srážkových vod do tělesa skládky a přetečení skládkové vany. Havárie ovšem nebyla zpozorována okamžitě a až pozdější analýzy povrchových vod prokázaly silnou kontaminaci v údolí potoka Prašivce. Stav ohrožení byl vyhlášen také v roce 2000. V průběhu této druhé havárie kleslo pH v potoce na hodnotu 3 až 4. Dne 16. 7. 2001 bylo ve vodoteči vně pozemku skládky měřeno dokonce $\text{pH} = 1,9$. Z doby obou havárií přetrvává krusta rezavé barvy s vysokými obsahy železa na povrchu svahu mezi plotem a potokem Prašivec. Vegetace zmizela z plochy cca 30 x 50 m (Centrum sanace [online]). Od této doby vystřídala skládka v Pozďátkách několik majitelů a provozovatelů, sanace této zátěže je tak i díky finanční zátěži velmi obtížná. V roce 2002 byl povrch jak zastřešené, tak volné části uzavření skládky překryt svařovanou plastovou fólií, což prokazatelně zmenšilo objem generovaných skládkových vod sledovaný v jímce vod pod skládkou. Nezávislé analýzy vod z 19 vzorkovacích míst z jara 2006 tento trend potvrdily. Vtok povrchové vody z oblasti skládky (železnatých krust) do potoka Prašince způsobuje pokles pH v hlavní vodoteči ze 7,1 na 6,4 a vodoteče odvodňující oblast skládky směrem k obcím Dobrá Voda a Pozďátky mají pH vyšší než 6,0. K překvapivým výsledkům patří skutečnost, že z celé řady potenciálně toxických kovů, prokazatelně deponovaných v tělese skládky, kumulují krusty na povrchu půdy ve větším množství pouze dva: vanad a chrom (Centrum sanace [online]).

8.2.2. Skládka komunálního odpadu Lišov

Problémy nastaly také před třemi lety na skládce Lišov u Českých Budějovic, kde pravidelně docházelo k porušování jak provozního řádu, tak platné legislativy, a to ukládáním druhů odpadu, u nichž by měl být zajištěn zpětný odběr nebo tyto odpady nesmí být dle platných norem ukládány na skládku společně, jako např. směsný komunální odpad spolu s odpadem z otryskávání – tj. odpadem s obsahem kovů (Ekolist.cz [online]). Při kontrolách bylo zjištěno, že

v případě monitoringu povrchové vody z šachtice Š6 byly u některých ukazatelů překročeny imisní standardy přípustného znečištění povrchových vod dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Do šachtice Š6 ústí jednak voda z drenážního systému pod skládkou, odvádějící neznečištěné podzemní vody z prostoru pod skládkou, a jednak separátní kanalizace odvádějící srážkovou vodu ze zpevněných ploch skládky. Znečištění, které vykazuje povrchová voda, může být ale způsobeno starou ekologickou zátěží, která se v areálu skládky nachází (Ekolist.cz [online]). V současné době se v lokalitě skládky Lišov objevil v měřených povrchových a podzemních vodách amoniak. Nemá ovšem jisté, z které průmyslové provozovny se amoniak mohl do vod dostat, tudíž není možné vyvozovat z nálezu jakékoli závěry.

8.2.3. Skládka Tušimice

Další mimořádná událost nastala na skládce pneumatik v Tušimicích, kde pracovníci Povodí Ohře naměřili v letošním červnu dvacetinásobně vyšší koncentraci nebezpečných chemikálií v Lužickém potoce u Kadaně, který vede podél této skládky. Stalo se tak po rozsáhlém požáru, kdy hasiči spláchli popel z hořících pneumatik a tímto popelem kontaminovaná voda se tak dostala do říčního toku. Jednalo se zejména o znečištění vody aromatickými uhlovodíky, což jasně ukázalo na skládku jako zdroj znečištění. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u styrenu, ovšem nelze říct, kolikrát byly překročeny limity, jelikož pro obsah této látky ve vodě žádné normy neexistují. V říčním toce uhynula po kontaminaci prakticky celá populace ryb. Proti šíření látky pomohla výstavba norných stěn a odčerpávání vody do nedalekého odkaliště.

8.2.4. Uzavřená skládka komunálního odpadu Dolní Chabry

Výluhy z této staré skládky tečou přímo do Drahaňského potoka, který protéká nedaleko tělesa skládky. Podle článku Vojtěcha Ettlera a dalších autorů, který vyšel v odborném časopisu *Environmental Geology*, byly v povrchových vodách nalezeny zvýšené koncentrace těžkých kovů. Testy a analýzy vzorků povrchové vody prokázaly, že se například zinek, olovo, měď a nikl vyskytovaly v kontaminované povrchové vodě v karbonátových komplexech. Obsahy jednotlivých látek pak klesaly se vzdáleností od přímého vtoku skládkového výluhu do recipientu. Například koncentrace olova a niklu klesly ve vzdálenosti 200 metrů od místa přímé kontaminace pod hodnoty koncentrací pozadových hodnot a koncentrace mědi se této hodnotě přiblížily (Ettler et al. 2006). Tento fenomén je Ettlerem a jeho kolektivem připisován geochemickému atenuačnímu procesu, kdy jsou na rozhraní vody a potočního sedimentu v důsledku neutrálního pH zabudovávány těžké kovy do usazeniny, kde zůstávají více méně

imobilní. Práce tak – stejně jako analýza skládkových vod v lokalitě skládky Ledce - dokázala, že také výluhy ze starých uzavřených skládek, které nejsou správně rekultivovány, mohou dlouhodobě kontaminovat povrchové toky. A to v případě staré skládky Dolní Chabry zabudováním těžkých kovů do sedimentů potočního dna.

8.2.5. Skládka komunálního odpadu Nasavrky

V letošním roce způsobily vydatné deště havárii například na skládce v Nasavrkách, kdy tu z odpadní jámy unikla znečištěná voda do okolí. Česká inspekce životního prostředí zjistila vysoké překročení stanovených imisních limitů znečištění. U některých ukazatelů byly limity překročeny až patnáctkrát (Ekolist.cz [online]). Z jámy se voda dostala až do Libáňského potoka, který protéká nedaleko skládkové lokality.

9. Hodnocení vlivu pomocí směšovacích rovnic

Pro ilustraci hypotetické situace, při které by došlo k nekontrolovanému průniku skládkových vod do vodoteče pod skládkou je možno použít směšovací rovnice.

$$Q_1 \times c_1 + Q_2 \times c_2 = c_3 \times (Q_1 + Q_2)$$

kde: Q_1 – průměrný roční průtok vody v potoce Jamník

Q_2 – průměrný objem skládkových vod

c_1 – koncentrace sledovaného polutantu v potoční vodě

c_2 – koncentrace sledovaného polutantu ve skládkové vodě

c_3 – koncentrace sledovaného polutantu v potoční vodě po smíšení s výluhem

9.1. Potenciální únik výluhu na skládce Horní Benešov

Ze získaných tabulek vyplývá, že skládkové vody v případě potoka Jamník nijak neovlivňují jeho povrchové vody. Následující modelová situace ukazuje, jakých hodnot by dosáhly vybrané ukazatele fyzikálně-chemického složení, pokud by došlo k úniku skládkových vod. Průtoky v potoce Jamník nejsou pravidelně měřeny. Odborný odhad průměrného ročního průtoku v korytě, které je široké půl metru a v kterém voda stoupá do výšky asi deseti centimetrů, je 2 dm³/s. Průměrné hodnoty vygenerovaných skládkových vod pak tvoří cca 5 dm³/s. Koncentrace

jsou vybírány z tabulek z dokumentace analýzy skládkových vod v datu 4. 8. 2009 a povrchových vod v datu 7. 9. 2009.

1. koncentrace chloridů

$$2 \times 17,9 + 5 \times 11\,900 = c_3 \times (2 + 5)$$

$$c_3 = 8\,505,11 \text{ mg/l}$$

2. koncentrace zinku

$$2 \times 0,07 + 5 \times 7,32 = c_3 \times (2 + 5)$$

$$c_3 = 5,25 \text{ mg/l}$$

3. koncentrace síranů

$$2 \times 72,3 + 5 \times 254 = c_3 \times (2 + 5)$$

$$c_3 = 202,09 \text{ mg/l}$$

4. koncentrace rozpuštěných látek

$$2 \times 520 + 5 \times 30\,200 = c_3 \times (2 + 7)$$

$$c_3 = 21\,720 \text{ mg/l}$$

ukazatel	původní hodnota (mg/l)	hodnota po kontaminaci (mg/l)	NV 63/2001
Cl ⁻ [mg/l]	17,9	8505,11	250
Zn [mg/l]	0,07	5,25	0,20
Sírany [mg/l]	72,3	202,09	300
RL [mg/l]	520	21720	100

Tab. 12: Potenciální vliv skládkových vod na vodoteč pod skládkou Horní Benešov.

Z uvedených výpočtů vidíme, že oproti předchozím hodnotám se koncentrace jednotlivých polutantů v potoce Jamník mnohonásobně zvyšují. Ve všech případech pak překračují hodnoty povolené vládním nařízením č. 63/2001 Sb., které je doplněno vládním nařízením č. 299/2007 Sb. Potenciální negativní vliv skládkových vod na povrchový tok Jamník je tak naprosto nesporný.

9.2. Potenciální únik výluhu na anonymní skládce 1

Další výpočty ilustrují, k jaké situaci by došlo, pokud by unikla skládková voda z anonymní skládky č. 1 do zdejšího potoka. Roční průměrný průtok v tomto potoce je podle Českého hydrometeorologického ústavu 29 dm³/s. I zde se množství průsakových vod pohybuje kolem 5 dm³/s. Hodnoty jednotlivých koncentrací polutantů ve směšovacích rovnicích odpovídají hodnotám naměřeným ve vodoteči nad skládkou 23. 4. 2009 a v průsakových vodách analyzovaných ve stejném datu.

1. koncentrace amonných iontů

$$29 \times 0,05 + 5 \times 801 = c_3 \times (29 + 5)$$

$$c_3 = 117,84 \text{ mg/l}$$

2. koncentrace uhlovodíků

$$29 \times 0,05 + 5 \times 0,474 = c_3 \times (29 + 5)$$

$$c_3 = 0,112 \text{ mg/l}$$

U dvou sledovaných parametrů – koncentrace amonných iontů a koncentrace uhlovodíků – je patrné výrazné zvýšení hodnot. Amoniakální dusík pak po smíšení obou typů vod přesahuje svým obsahem více než dvěstěkrát limit daný vládním nařízením. Pro uhlovodíky nejsou stanoveny maximální přípustné limity v povrchových vodách. Po srovnání hodnot hypotetického smíšení skládkových a povrchových vod s hodnotami skutečně naměřenými pod tělesem skládky, kde by k avizovanému úniku mohlo dojít, vidíme, že na této skládce k únikům skládkových vod do vodoteče skutečně nedochází.

ukazatel	původní hodnota nad skládkou (mg/l)	hodnota po kontaminaci (mg/l)	naměřená hodnota pod skládkou (mg/l)	NV 63/2001
NH ₄ ⁺ [mg/l]	<0,05	117,84	0,207	0,5
C10-C40 [mg/l]	<0,05	0,112	<0,05	

Tab. 13: Vliv skládkových vod na vodoteč pod anonymní skládkou 1.

10. Závěr - zhodnocení vlivu skládkových vod na povrchové toky

Cílem mé bakalářské práce bylo zhodnotit vlivy skládkových vod na povrchové toky v České republice. Jako podklady pro svou bakalářskou práci jsem shromáždila údaje o skládkových a povrchových vodách v lokalitách pěti skládek na území České republiky. Dále jsem vyhledala informace o dalších skládkách, na kterých došlo k prokazatelnému znečištění povrchových vod skládkovými výluhy.

V bakalářské práci jsem hledala odpovědi na otázky nastíněné v úvodu své práce, a to: z jakých důvodu se skládkovými vodami musíme zabývat a jaké nebezpečí hrozí povrchovým vodám v případě jejich úniku? Jak a čím jsou skládkové výluhy vytvářeny a proč dochází k jejich únikům?

Skládkové vody jsou obecně velmi nebezpečnými látkami, které vznikají v tělese skládky po celou dobu jeho existence – od uložení odpadu až po konečné uzavření a rekultivaci skládky. Nebezpečnost skládkových výluhů pramení z jejich složení, které vzniká vymýváním polutantů z matrice uložené ve skládkové vaně a také chemickými reakcemi, kterými odpad prochází. Nebezpečnost skládkového výluhu pak závisí i na aktuální fázi, ve které se skládkovaný materiál nachází. Obecné složení skládkových vod bylo deklarováno pomocí sekundární literatury, primární prameny z jednotlivých skládek pak údaje potvrdily. Vidíme, že ve skládkových vodách se nachází velké množství kontaminantů, které mohou mít ve velkých koncentracích překračující povolené normy povrchového znečištění devastující vliv na vodní ekosystémy, i organismy v okolí kontaminovaných toků. To dokazuje například několikaletá situace na skládce Pozdřátky, kde došlo v lokalitě skládky k úhynu vegetace ve značném rozsahu.

Jak se ovšem skládkové výluhy do prostředí dostanou, když je obecně vyžadována absolutní kontrola nad kvalitou i kvantitou výluhových vod ze skládek odpadů? Především je smutným faktem, že mnoho starých uzavřených skládek nemá dostatečně zabezpečený systém nakládání se skládkovými vodami, jak dokazují například již zmiňované Pozdřátky, ale také analýzy prováděné v lokalitě skládky Dolní Chabry, kde dochází k těžkému znečištění povrchové vody například těžkými kovy. Stejný problém potvrzují také analýzy ze staré skládky Ledce na Plzeňsku, kde jsou silně kontaminovány podzemní vody a tato kontaminace se sice v mnohem menším měřítku, ale přeci jen projevuje i v povrchových vodách – jsou zde nadlimitní koncentrace uhlíku a amonného dusíku. Důvodem úniku těchto látek je nevyhovující zabezpečení skládkových vod proti úniku do okolního životního prostředí.

Tvrzení o dostatečném zabezpečení a těsnění skládek se nedá paušalizovat ani na všechny momentálně fungující skládky. Povrchovou vodu značně ovlivňuje skládka Lišov, kde opakovaně dochází ke sledování zvýšených hodnot jednotlivých parametrů sledované povrchové

vody. Z konkrétní dokumentace o složení vod, kterou jsem získala k dispozici z lokalit jednotlivých skládek, lze vysledovat některé trendy, které mohou prokazovat ovlivnění povrchových vod skládkovými výluhy. Například na anonymní skládce označené pro potřeby práce číslem 1 dochází ke změnám hodnot jednotlivých ukazatelů vodního profilu měřeného pod tělesem skládky oproti jejich hodnotám nad skládkou. Všechny parametry ovšem vyhovují právně stanoveným limitům. Ačkoli tedy možná dochází k ovlivnění povrchové vody, neznamena toto ovlivnění významnější vliv na ekosystémy a fungování celého toku. Také na anonymní skládce číslo 2 dochází na výtoku povrchové vody z drenážního systému k pozorování zvýšených hodnot některých parametrů, jejich vliv by ovšem bylo dobré sledovat až po vtoku této vody do recipientu, kde se jejich hodnoty upraví směšovacími reakcemi, a až po té bude jasné, zdali dochází k nadlimitním či podlimitním stavům jednotlivých parametrů a ovlivnění toku skládkovými vodami.

Riziko negativního ovlivnění povrchových toků skládkovými toky pak také prokazatelně nastává při mimořádných situacích, jako jsou zvýšené srážkové úhrny, kdy dochází k přetékání jímacích nádrží skládkových vod a jejich výtoku do povrchových recipientů. Další takovou situací jsou například požáry skládek, kdy při nepromyšlených postupech může docházet při hašení k vymývání polutantů a jejich stoku do povrchových vod, ačkoli se v takové chvíli nejedná o standardně vzniklé skládkové výluhy.

Ke zhodnocení vlivu skládkových vod na povrchové toky došlo také pomocí směšovacích rovnic, které měly ilustrovat situaci úniku skládkových vod do vodoteče na skládce v Horním Benešově a také na anonymní skládce 1 v jižních Čechách. Z výsledků je jasné patrné nezpochybnitelné negativní ovlivnění povrchových vod. Koncentrace všech polutantů, pro které byly chemické výpočty spočítány, totiž po smíšení obou typů vod vzrostly. Vždy pak překročily limity maximálního znečištění povrchových vod, které jsou dány českými právními normami.

Posledním, ale neméně důležitým faktem, který zaznamenává sekundární literatura, je skutečnost, že dočištění skládkových vod může být problematické i v čistírnách odpadních vod, kam jsou průsakové vody vyváženy. Tím může docházet, například v důsledku zvýšeného obsahu organických látek ve skládkových výluzích, k druhotnému znečištění čistírenských kalů a kalových vod. Sledování tohoto problému a jeho výsledky jsou ovšem předmětem jiných studií.

Má bakalářská práce sestává z velké části z primárních pramenů, které jsem získala od provozovatelů skládek či z míst, kde se tyto údaje povinně shromažďují. Vzhledem k tomu, že nakládání se skládkovými vodami může být problematickou oblastí provozu skládky, nemohla jsem často získat ucelenou dokumentaci z jednotlivých skládek a interpretace poskytnutých dat tak nemohla být zcela jednotná. Nicméně z práce je patrné, že v tomto poli zájmu by měl být proveden mnohem detailnější průzkum. Potenciál se ukrývá v dlouhodobějším sledování

skládkových a povrchových vod v problematických lokalitách a v pozorování vlivu jednotlivých polutantů na procesy probíhající ve vodní prostředí, či na vodní a přilehlé ekosystémy. Má bakalářská práce je tak základem, na kterém bych ráda vystavěla další výzkum, který hodlám provést v rámci své diplomové práce. Zde nastíněné závěry a předpoklady pak budu moci ve své diplomové práci potvrdit nebo vyvrátit pomocí svých vlastních terénních výzkumů.

11. Použitá literatura a elektronické zdroje:

11.1. Použitá literatura

- Altman, V., 1996: Odpadové hospodářství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. [89 pp.]
- Altman, V., Růžička, M., 1996: Technologie a technika skládkového hospodářství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. [83 pp.]
- Bartáčková, L., 2010: Skládky na území ČR po 15. 7. 2009. Odpadové fórum. 11, 3: 31
- Behenský, P., 2004: Organické kontaminanty v průsakových vodách skládek. Odpadové fórum. 5, 4: 22-24
- Bin Yousuf, T., Rahman, Md. M., 2009: Transforming an open dump into a sanitary landfill: a development effort in waste management. Journal of Material Cycles nad Waste Management. 11, 3: 277-283
- Brabencová, J., 2009: Hodnocení skládek odpadů podle ISOH. Odpadové fórum. 10, 12: 8-11
- ČSN 83 8032 Skládání odpadů – Těsnění skládek
- ČSN 83 8033 Skládání odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek
- ČSN 83 8036 Skládání odpadů – Monitorování skládek
- Danihelka, P., 2007: Ilegální sklady chemikálií a nebezpečných odpadů. Odpadové fórum. 8, 2: 14-15
- Di Palma L, Mecozzi R, 2010: Batch and column tests of metal mobilization in soil impacted by landfill leachate. Waste Management. 30, 8-9: 1594-1599
- Eckhardt, P., 2009: Bývalá skládka Ledce – Zpráva monitoringu kvality vod. VÚV T. G. M., Praha. [24 pp.]
- ElFadel M., Findikakis A., Leckie J., 1997: Environmental impacts of solid waste landfilling. Journal of Environmental Management. 50, 1: 1-25

- Ettler V., Matura M., Mihaljevic M., et al., 2006: Metal speciation and attenuation in stream waters and sediments contaminated by landfill leachate. *Environmental geology*. 49, 4: 610-619
- Farion, R., 1996: Jak naložit se skládkovými výluhovými vodami. *Odpady*. 6, 11: 14
- Filip, Jiří et al., 2006: Komunální odpad a skládkování. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. [128 pp.]
- Hasan, S. E., 1996: *Geology and hazardous waste management*. Prentice-Hall, New Jersey. [385 pp.]
- Horňák, M., 2010: Monitoring podzemních a ostatních vod v prostoru skládky odpadů Vydlaby v roce 2009. SaNO CB s. r. o., Písek. [20 pp.]
- Juchelková D., 2005: Odpady, vedlejší produkty a nakládání s nimi. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava. [100 pp.]
- Krajča, J., 2007: Monitorování skládek odpadů. *Odpadové fórum*. 8,4: 8-10
- Kuchovsky T., Sracek O., 2007: Natural attenuation of chlorinated solvents: a comparative study. *Environmental geology*. 53,1: 147-157
- Kuraš, M. et al., 1994: Odpady, jejich využití a zneškodňování. Český ekologický ústav, Praha. [239 pp.]
- Kuraš, M. et al., 2008: Odpadové hospodářství. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., Chrudim. [143 pp.]
- Landa, I., Kovalská, G., 2001: Vlivy na životní prostředí – rizika uzavřených skládek. *Odpady*. 11,6 : 11-12
- Nařízení vlády 61/2003 Sb. ze dne 29. 1. 2003, o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. ze dne 18. 7. 2007, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Richter, M., 2008: Technologie ochrany životního prostředí. Část III, Technologie zneškodňování odpadů. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem. [72 pp.]
- Sameš, R., 1997: Skládky a voda. *Odpady*. 7, 11: 12-15
- Straka, F., 1996: Výluhové vody ze skládek. *Odpady*. 6,11: 21

- Voštová V. et al., 2009: Logistika odpadového hospodářství. České vysoké učení technické v Praze, Praha. [349 pp.]
- Voštová V., Fries J., 2003: Zpracování pevných odpadů. České vysoké učení technické v Praze, Praha. [157 pp.]
- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

11.2. Využité internetové zdroje

- CeHO - VÚV T. G. M. Centrum pro hospodaření s odpady VÚV T. G. M. [online]. [čerpáno 6. 4. 2010]. <<http://ceho.vuv.cz/>>.
- Centrum sanace. Výzkumné centrum: Pokročilé sanační technologie a procesy [online]. [čerpáno 24. 7. 2009]. <<http://centrum-sanace.cs.cas.cz/index.php?content=project&lang=cs>>.
- Centrum sanace. Výzkumné centrum: Pokročilé sanační technologie a procesy [online]. [čerpáno 24. 7. 2009]. <<http://centrum-sanace.cs.cas.cz/index.php?content=project&lang=cs>>.
- ČSÚ. Český statistický úřad [online]. [čerpáno 4. 3. 2010]. <<http://www.czso.cz/csu/2009edicniplan.nsf/p/2001-09>>.
- Diamo [online]. [čerpáno 27. 7. 2010]. <<http://www.diamo.cz/skladka-pozdatky>>.
- Ekolist.cz [online]. [čerpáno 28. 7. 2010]. <<http://www.ekolist.cz/zprava.shtml?x=2239212>>.
- Enviweb.cz [online]. Vytvořeno 18. 6. 2010 [čerpáno 26. 7. 2010] <<http://www.enviweb.cz/clanek/havarie/82535/pozar-skladky-v-tusimicich-si-vynutil-evakuaci>>.
- Evropská komise [online]. [čerpáno 6. 4. 2010]. <http://ec.europa.eu/index_cs.htm>.
- IRZ. Integrovaný registr znečišťování [online]. [čerpáno 16. 8. 2010]. <<http://irz.cz/>>.
- Kopecký, J. Český rozhlas Pardubice [online]. Vytvořeno 30. 7. 2010 [čerpáno 28. 7. 2009] <http://www.rozhlas.cz/pardubice/zpravodajstvi/_zprava/765259>.
- Krejsová, J., Peřínková, M. Odpadové fórum [online]. [citováno 18. 8. 2010] <<http://www.odpadoveforum.cz/OF2009/CD2009/TextyOF/428.pdf>>.
- Mašek, I., Mičan, J. Arnika [online]. Vytvořeno 20. 9. 2004 [čerpáno 24. 7. 2010]. <<http://www.bezjedu.arnika.org/horka-mista/pozdatky/clanky/5-let-havarijního-stavu-skladky-odpadu>>.

- Molek, V. Ekolist.cz [online]. Vytvořeno 22. 11. 2006 [čerpáno 26. 7. 2010].
<http://www.ekolist.cz/txt_tzpr_full.stm?x=1939313>.
- Molek, V. Ekolist.cz [online]. Vytvořeno 30. 11. 2006 [čerpáno 26. 7. 2010].
<http://www.ekolist.cz/txt_tzpr_full.stm?x=1941349>.
- MŽP. Ministerstvo životního prostředí [online]. [čerpáno 1. 4. 2010].
<http://www.mzp.cz/_C1256D51007C88C5.nsf>.
- Sanace území ohroženého skládkou nebezpečného odpadu v Pozďátkách.
po.pracestavby.cz [online]. [čerpáno 24. 7. 2010].
<http://po.spravcestavby.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=32>.
- Zelený, P. Idnes.cz [online]. Vytvořeno 17. 6. 2010 [čerpáno 26. 7. 2010]
<http://zpravy.idnes.cz/v-tusimicich-hori-skladka-pneumatik-skoda-presahne-milion-korun-p87-/krimi.asp?c=A100617_134130_krimi_zep>.

11.3. Osobní sdělení

- Ing. Janoušková, Eva, Krajský úřad Jihočeského kraje. Osobní sdělení [29. 7. 2010].
- Ing. Mátlová, Marie, ČHMÚ České Budějovice. E-mail [19. 8. 2010].
- Král, Jiří, Odpady Písek s.r.o. Osobní sdělení [20. 7. 2010].

12. Seznam použitých zkratk

- CHSK_{Cr} - chemická spotřeba kyslíku za použití dichromanu draselného
- CHSK_{Mn} - chemická spotřeba kyslíku za použití manganistanu draselného
- BSK₅ – pětidenní biochemická spotřeba kyslíku
- ČSÚ – Český statistický úřad
- IRZ – Integrovaný registr znečišťování
- CeHO – Centrum pro hospodaření s odpady
- VÚV T. G. M. – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
- ČOV – čistírna odpadních vod
- ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav